

носителя, равная половине вытолкнутой порции, проходит через теплообменник и отдает теплоту земле. Паровой пузырь всплывает в конденсатор и конденсируется, отдавая теплоту теплоносителю. При этом всасывается новая порция теплоносителя, уровень в компенсаторе перед впускным клапаном уменьшается, для уравнивания уровня часть нагретого теплоносителя (половина всосанной порции) проходит через теплообменник и отдает теплоту земле. Таким образом, теплота воздуха при конденсации пузыря передается теплоносителю, который циркулирует под действием жидкопоршневого пузырькового насоса и силы тяжести и передает теплоту земле на глубине в несколько метров.

При использовании жидкопоршневого пузырькового насоса в теплопередающих системах значительно повышается его эффективность. Применение жидкопоршневого пузырькового насоса позволяет создавать системы отопления и охлаждения, обладающие достаточной производительностью и не зависящие от электрической энергии. Такие системы имеют повышенную надежность и могут применяться в районах, где отсутствует централизованное электроснабжение. При использовании жидкопоршневым пузырьковым насосом теплоты охлаждаемой среды увеличивается эффективность использования энергии.

УДК 621.65

Никитин А. Д., Стариков Е. В.  
Уральский федеральный университет,  
studentshurik@gmail.com

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИДКОПОРШНЕВОГО ПУЗЫРЬКОВОГО НАСОСА**

Жидкопоршневой пузырьковый насос – это устройство, использующее тепловую энергию для перекачивания жидкости. Поскольку в узких каналах паровые снаряды образуются со скоростью, значительно превышающей скорость всплытия снаряда [1], то при парообразовании и последующей конденсации паровых снарядов в узком канале объем паровой фазы изменяется. Это изменение объема используется для перекачивания жидкости.

Жидкопоршневой пузырьковый насос состоит из вертикально расположенного рабочего канала (трубки малого диаметра), нижний конец которого заглушен, а к верхнему концу присоединены с помощью тройника впускной и выпускной обратные клапаны. К нижней части канала – испарителю – подводится тепловая энергия, в верхней части канала – конденсаторе – тепловая энергия отводится.

В описанное выше устройство насоса вносились изменения и проводилось исследование производительности полученной конструкции. Целью исследований являлось выявление изменений, позволяющих увеличить расход перекачиваемой воды и высоту ее подъема.

Испытания конструкций насоса проходили в следующем порядке. Сначала выяснялась работоспособность конструкции: происходит или не происходит перекачивание. Затем исследовалась устойчивость работоспособности конструкции: возможно ли перекачивание в течение длительного времени. После этого измерялся расход перекачиваемой воды в зависимости от высоты ее подъема.

На рис. 1 показаны неэффективные конструкции насоса.

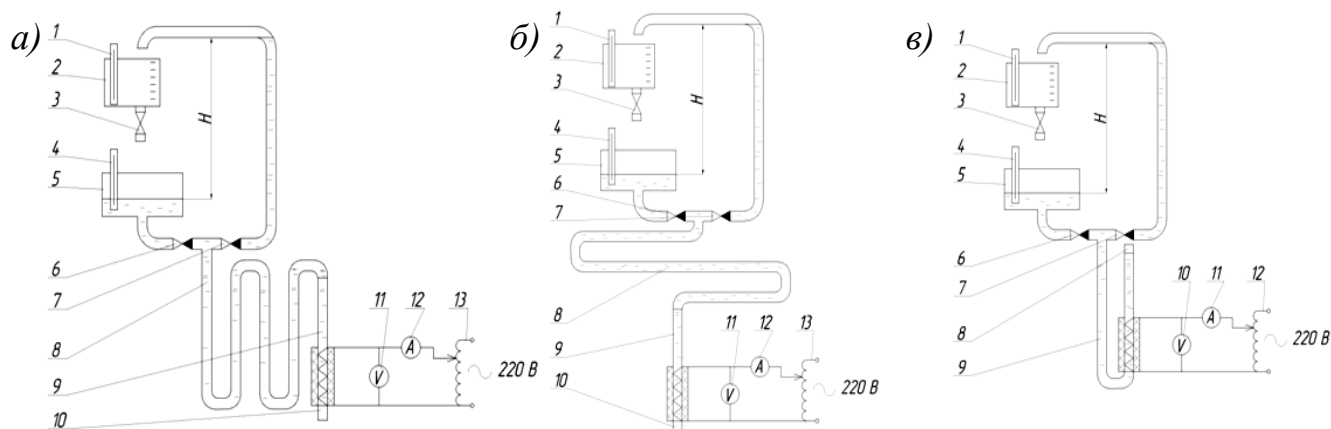


Рис. 1. Неэффективные изменения в конструкции насоса: использование вертикального (а) и горизонтального (б) змеевика, U-образной трубки (в)

Неэффективным изменением в конструкции насоса оказалось использование вертикального и горизонтального змеевиков (рис. 1 а, б). Предполагалось, что при использовании змеевика нагретая порция воды перемещается по нему и не выходит в напорную линию. Следовательно, значительно снижаются затраты подводимой теплоты на нагрев перекачиваемой воды и ее расход увеличивается. Испытания показали, что рабочий канал насоса 9 (рис. 1, а и 1, б) полностью «забивается» паром и не заполняется водой из емкости 5, насос не работает. Вероятной причиной этого является гидравлическое сопротивление змеевика.

Неэффективным изменением в конструкции также оказалось и использование U-образной трубки в качестве рабочего канала насоса (рис. 1, в). При подводе тепловой энергии заглушенное колено 8 U-образной трубки заполнялось паром и не участвовало в работе насоса, то есть фактически конструкция насоса не изменялась.

Эффективным изменением в конструкции насоса является использование устройства для управления его работой (рис. 2, а). Между испарителем и конденсатором насоса устанавливается кран, который периодически закрывается. При закрытом кране происходит перегрев пара в испарителе насоса, поэтому увеличивается совершаемая им работа, следовательно, возрастают расход и высота подъема воды. При открытии крана пар из испарителя смешивался с холодной водой в конденсаторе, в результате чего увеличивалась эффективность конденсации и рабочий канал насоса полностью заполнялся водой. При отсутствии крана в рабочем канале не происходило конденсации всей паровой фазы, полного заполнения канала водой не было (в канале циркулировали «холостые» пузыри, не совершавшие полезной работы).

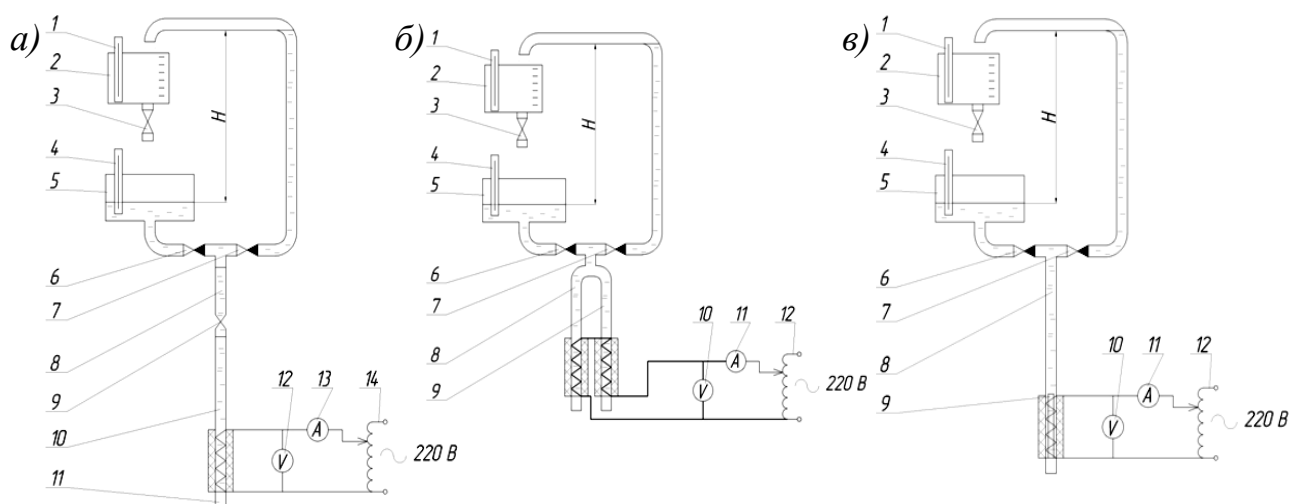


Рис. 2. Эффективные изменения в конструкции насоса: (а) устройство для управления работой насоса, (б) применение параллельных рабочих каналов, (в) использование узкого кольцевого канала

В ходе испытаний получена устойчивая работа «управляемого» насоса с рабочим каналом длиной 65 см на высоту 140 см. Подводимая мощность составила 300 Вт, средний расход – 13 л/ч. При работе насоса без управляющего устройства с каналом той же длины максимальная высота устойчивой работы составила 60 см, расход воды при той же подводимой мощности 300 Вт равнялся 4,4 л/ч. Таким образом, применение управляющего устройства (в данном случае крана) позволяет увеличить высоту подъема воды и расход в 2,5 раза. Возможно создание автоматической задвижки управления работой насоса.

Эффективным изменением в конструкции является применение параллельных рабочих каналов (трубок) для увеличения расхода перекачиваемой воды (рис. 2, б). Параметры и результаты испытаний трубок 8 и 9 (рис. 2, б) по отдельности и при параллельной работе представлены в таблице.

Параметры и результаты испытаний трубок 8 и 9

Параметр	Работа отдельной трубки		Параллельная работа
	Трубка 8	Трубка 9	
Длина трубки, см	65	90	-
Длина испарителя, см	30	15	-
Напор, см	50	50	50
Подводимая мощность, Вт	240	200	400
Средний расход, л/ч	4,75	5,55	7,35

Как видно из таблицы, при параллельной работе трубок расход увеличивается, однако он меньше суммы расходов, измеренных при работе трубок по отдельности. Отметим, что необходимо провести дополнительные исследования параллельной работы большого числа трубок (трех и более).

Эффективным изменением в конструкции является использование узкого кольцевого канала в испарителе насоса для подавления естественной конвекции

(рис. 2, в). При менее развитой естественной конвекции перегрев воды увеличится, следовательно, будут возникать более крупные пузыри пара, расход перекачиваемой воды увеличится. При испытаниях для создания кольцевого канала в трубке 8 (внутренним диаметром 12 мм) использовался стержень 9 (длиной 200 мм и диаметром 6 мм). На рис. 3 представлены полученные в результате испытаний зависимости расхода перекачиваемой воды от подводимой мощности при высоте подъема воды 55 см и длине трубки 65 см для установок с узким кольцевым каналом и цилиндрическим каналом.

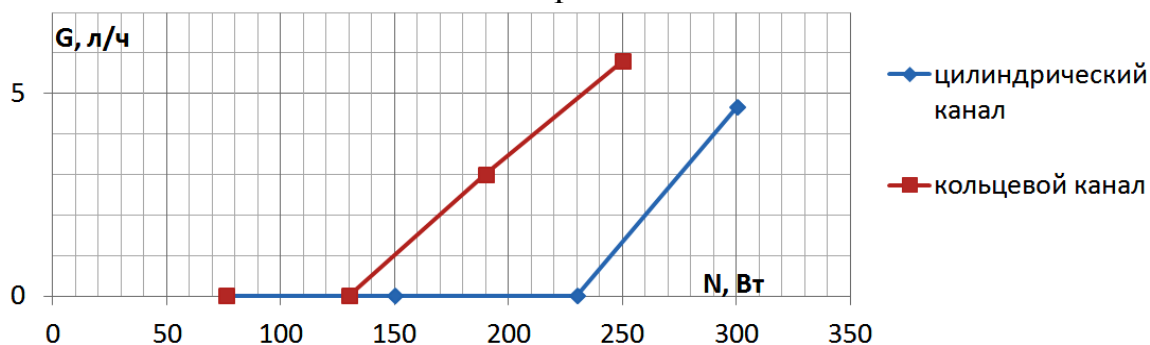


Рис. 3. Исследование эффективности использования штывря

Как видно из рис. 3, при использовании узкого кольцевого канала для подавления естественной конвекции перекачивание воды начинается при меньшей подводимой мощности, расход воды увеличивается.

Таким образом, в результате исследований выявлены изменения в конструкции жидкопоршневого пузырькового насоса, позволяющие увеличить его производительность.

#### Список литературы

1. Щеклеин С. Е., Костомаров В. М. О механизме образования парового снаряда в узком канале без принудительной циркуляции // Теплофизика высоких температур. 1982. № 6. Т. 20. С. 1203–1205.

УДК 621.311.26

Никитин А. Д., Щеклеин С. Е.  
Уральский федеральный университет,  
studentshurik@gmail.com

### МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ДИЗЕЛЬ-ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Значительную долю в стоимости фотоэлектрической станции (ФЭС) занимают аккумуляторные батареи (АКБ). Если использовать совместно с ФЭС дизельный генератор (ДГ) для покрытия нагрузки при недостаточной выработке энергии ФЭС, то необходимость в большом числе АКБ отпадает и стоимость электростанции снижается. В свою очередь, в расходах на ДГ значительную часть занимает стоимость топлива. ФЭС топлива не потребляет, и при достаточном приходе солнечной радиации вырабатываемая ФЭС электроэнергия бу-